



Denkschrift

Pflanzenbauwissenschaften als interdisziplinäres
Forschungsgebiet zwischen den Naturwissenschaften
und Humanwissenschaften

Modellierung pflanzlicher Systeme
Precision Agriculture
Institut für Pflanzenbauwissenschaften
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
Humboldt Universität zu Berlin
Invalidenstrasse 42
10115 Berlin

Webseite: www.pflanzenbauwissenschaften.net
Kontakt: denkschrift@pflanzenbauwissenschaften.net

Bildnachweis:

Abbildung 1 Feiffer Consult, Sondershausen
Abbildungen 2, 3, 4, 5, 6, 7 und Titelbild M. Langensiepen
Titelbild: Agrarlandschaft - Fünen, Dänemark

Satz und Gestaltung: M. Langensiepen und R. Herbst
Druck : Polyprint, Berlin

Korrektes Zitat:

Langensiepen M., Herbst R. (2008) Pflanzenbauwissenschaften als interdisziplinäres Forschungsgebiet zwischen den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften - Denkschrift. 1. Auflage. Humboldt-Universität zu Berlin. ISBN 978-3-86004-215-1

Diese Denkschrift ist über den edoc-Server der Humboldt-Universität zu Berlin - edoc.hu-berlin.de - abrufbar.

(c) 2008

ISBN 978-3-86004-215-1

Um die Natur in ihrer ganzen erhabenen Größe zu schildern, darf man nicht bei den äußeren Erscheinungen allein verweilen; die Natur muß auch dargestellt werden, wie sie sich im Inneren des Menschen abspiegelt.

Alexander von Humboldt

Die Vernunft muß mit ihren Prinzipien, nach denen allein übereinkommende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand, und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der anderen, an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestallten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt.

Immanuel Kant

Zusammenfassung

Die Pflanzenbauwissenschaften haben als angewandte Disziplin die Aufgabe, in einer Brückenfunktion die Verbindung zwischen den Ergebnissen sowie den sich neu bietenden Chancen aus den Grundlagenwissenschaften und der Praxis des Pflanzenbaus in Kulturlandschaften herzustellen. In dieser Funktion sind sie in ihrer Bedeutung und Tragweite der Medizin vergleichbar. Starke Veränderungen in den Wissenschaften, den Gesellschaften und der Umwelt führen dazu, daß sich die Pflanzenbauwissenschaften derzeit in einer Phase der Neuorientierung befinden. Die Denkschrift analysiert die Stellung der Pflanzenbauwissenschaften als anwendungsorientierte Wissenschaft zwischen den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften, gibt konkrete Anregungen für eine Neuausrichtung und stellt diese zur Diskussion. Aufgrund der Größe und Neuheit der vor ihnen liegenden Aufgaben müssen sie verstärkt den Anschluß an die Grundlagenwissenschaften suchen, um ihren gesellschaftlichen Anforderungen weiterhin gerecht werden zu können. Die durchgängige Einbeziehung von Modellbildungsprozessen bei der Bearbeitung von Fragestellungen in der Forschung ist ein entscheidender Bestandteil dieser Wesensänderung. Die vielleicht jetzt noch als hinderlich empfundenen Kommunikationshürden zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und den Natur- und Humanwissenschaften könnten möglicherweise unter einem gemeinsamen Dach der Lebenswissenschaften überwunden werden. Im Zeitalter konvergierender Wissenschaften wäre der Pflanzenbau ein ideales Laboratorium zur Überprüfung breit angelegter Forschungshypothesen mit beträchtlicher gesellschaftlicher Relevanz.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Stellung der Pflanzenbauwissenschaften in den Wissenschaften	2
Ausgangslage und Selbstverständnis	6
Anregungen zur Weiterentwicklung	11
Begründung aus praktischer Sicht	22
Fazit	25
Danksagungen	26
Literatur	27

Einleitung

Die Pflanzenbauwissenschaften haben als angewandte Disziplin die Aufgabe, in einer Brückenfunktion die Verbindung zwischen den Ergebnissen sowie den sich neu bietenden Chancen aus den Grundlagenwissenschaften und der Praxis des Pflanzenbaus in Kulturlandschaften herzustellen. In dieser Funktion sind sie in ihrer Bedeutung und Tragweite der Medizin vergleichbar, die in zunehmendem Maße nicht nur therapeutisch, sondern insbesondere auch beratend und richtungweisend in eine gesunde Gestaltung des Lebens hineinwirkt. Analog orientieren sich die Pflanzenbauwissenschaften bei der Gestaltung pflanzenbaulicher Systeme nicht mehr primär an ökonomischen Rahmenbedingungen, sondern aus verschiedenen Gründen immer mehr an dem Vorbild der Natur. Um die gestellte Aufgabe angesichts der drängenden Probleme in Gesellschaft und Umwelt (Evans 1998) einerseits und der ungewohnt erfolgreichen Entwicklung in einigen Bereichen der Naturwissenschaften mit den damit verbundenen Möglichkeiten auf der anderen Seite besser leisten zu können, ist in mancherlei Hinsicht eine Neuorientierung in der Disziplin des Pflanzenbaus dringend geboten. In den folgenden sechs Thesen werden Möglichkeiten für eine Weiterentwicklung der Pflanzenbauwissenschaften zur Diskussion gestellt:

- Die Gestaltung und nachhaltige Bewirtschaftung von Kulturlandschaften muss sich verstärkt an ökologischen Prinzipien orientieren.
- Die Pflanzenbauforschung muss durch die Naturwissenschaften und Humanwissenschaften begleitet werden.
- Die Modellbildung ist eine unverzichtbare Voraussetzung für jede Art pflanzenbaulicher Forschung und dient darüber hinaus der interdisziplinären Kommunikation.

- Pflanzenbausysteme müssen zukünftig verstärkt multiple Aufgaben erfüllen und sich den immer stärker werdenden Schwankungen der natürlichen Bedingungen und gesellschaftlichen Anforderungen flexibel anpassen.
- Die Prozesskettenanalyse und die Zusammenarbeit mit den Lebenswissenschaften ermöglichen vielfältige Einflußmöglichkeiten auf die gezielte Steuerung pflanzlicher Inhalts- und Qualitätseigenschaften, der Ressourcennutzung und der Auswirkungen des Pflanzenbaus auf die Umwelt.
- Die in vielerlei Hinsicht gesteigerten Anforderungen an die Pflanzenbauwissenschaften erfordern eine massive Stärkung der internationalen Zusammenarbeit in der Forschung.

Stellung der Pflanzenbauwissenschaften in den Wissenschaften

Der Initiator des modernen Wissenschaftsbegriffs ist Aristoteles (384-322 v. Chr.), und Kant (1724-1804) bezeichnete ihn zu Recht als Vater der Logik. Aber, so fährt Kant fort, sie könne wohl gewinnen in „Ansehen der Genauigkeit, Bestimmtheit und Deutlichkeit“. Nicht anders als bei Aristoteles liegen für Kant die formalen oder logischen Kriterien der Wahrheit in der Logik, zu deren Entwicklung er grundlegende Sätze formuliert hat (Kant 2002). In Bezug auf die Rolle der Mathematik in der Logik müssen die Arbeiten von Nikolaus Kopernikus (1473-1543) über die Erdbewegung erwähnt werden. Diese widersprachen nicht nur dem von Aristoteles geprägten Ptolemäischen Weltbild, den heiligen Schriften und dem allgemeinen Verständnis der Menschen, sondern auch den damals geläufigen Methoden der philosophischen und physikalischen

Beweisführung. Er stützte sie auf die abstrakten Denkweisen der Mathematik und wurde damit zum Mitauslöser der wissenschaftlichen Revolution des 17. Jahrhunderts (Henry 2002). Diese führte dazu, daß die Naturwissenschaften und Humanwissenschaften seit dem 18. Jahrhundert eigene Wege gehen (Berlin 2001). Großen Einfluss auf den Wissenschaftsbegriff gewann auch der Wiener Kreis, dessen bedeutendster Vertreter der Sprachphilosoph und Logiker Rudolf Carnap (1891-1970) war. Er verfolgte das Ziel, durch formale Sprache größere Klarheit bei der Formulierung wissenschaftlicher Probleme zu ermöglichen (Coffa 1993). Thomas Kuhn (1922-1996) hat dargestellt, dass eine Wissenschaftstheorie die Akzeptanz einer Vielzahl von Wissenschaft voraussetzt. Umwälzende neue Erkenntnisse können eine „Revolution“ entfachen und ein Umdenken einleiten (Kuhn 1996). Heute erleben wir massive Umwälzungen in den Fächerstrukturen, die sich in den Universitäten während der letzten 200 Jahre praktisch unverändert erhalten haben. Ob diese Umstrukturierung einer neuen wissenschaftlichen Revolution gleichkommt (Keinan et al. 2003), wird erst aus geschichtlicher Sicht beurteilt werden können. Es steht jedoch fest, dass die komplexen Probleme der dramatisch anwachsenden Weltbevölkerung neue Formen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit erfordern. Aufgrund der herausgehobenen Bedeutung für die Welternährung gilt dies insbesondere für die Pflanzenbauwissenschaften, die sich derzeit in einer Phase der Neuorientierung befinden und den Anschluß an die Grundlagenwissenschaften suchen.

In den Naturwissenschaften geht jeder Beschreibung von Zuständen oder veränderlichen Abläufen ein umfangreicher gedanklicher Prozess voraus. Es ist zu fragen: Was eignet sich als charakteristisches Merkmal ? Wie kann man Messvorschriften gewinnen ? Welche Variablen und welche Konstanten sind zu beachten ? Wie weit muss man idealisierte Bedingungen voraussetzen oder wenigstens angenähert schaffen, um zu übersichtlichen Ergebnissen zu kommen, die sich schließlich als Gesetze von allgemeiner Geltung formulieren lassen ? – In Kants Kritik der reinen Vernunft heißt es hierzu (Kant 1997): „so ging allen Naturforschern ein Licht auf. Sie begriffen, dass die Vernunft nur das einsieht, was sie selbst nach ihrem Entwurf hervorbringt.“ Und weiter: „Und so hat sogar die Physik die vorteilhafte Revolution ihrer Denkart lediglich dem Einfalle

zu verdanken, demjenigen, was die Vernunft selbst in die Natur hineinlegt, gemäß, dasjenige in ihr zu suchen (nicht ihr anzudichten), was sie von ihr lernen muss. Hierdurch ist die Naturwissenschaft allererst in den sicheren Gang einer Wissenschaft gebracht worden, da sie so viel Jahrhunderte durch nichts weiter als ein Herumtappen war.“ – Die sogenannten Naturgesetze sind demnach wesentlich mitbestimmt durch die Art unserer Betrachtung und sind dadurch auch Folgen unseres Denkens und unserer Vorstellungen. Man bezeichnet die hier dargestellten Zusammenhänge als Modellbildung. Modelle zu ein- und demselben Gegenstand können durchaus unterschiedlichen Charakter haben, miteinander konkurrieren oder durch passendere Vorstellungen abgelöst werden. Die Formulierung von quantitativ dargestellten Ergebnissen in den Naturwissenschaften und den ihnen nahestehenden angewandten Disziplinen setzt also Modellbildung voraus. Die durchgängige Anwendung quantitativer Denkweisen in den Naturwissenschaften bietet außerdem die Möglichkeit des besseren Austausches von Erkenntnissen in der Forschung über weite disziplinäre und auch nationale Grenzen hinweg und ermöglicht zudem die Bildung neuer interdisziplinärer Felder.

Landwirte agieren in einem komplexen Geflecht von variablen natürlichen und gesellschaftlichen Faktoren. Sie befinden sich daher auf der ständigen Suche nach betrieblichen Optimierungsstrategien und orientieren sich dabei nicht nur an den Gesetzmäßigkeiten der Natur und des Marktes, sondern auch an ihrer Intuition. Sie werden damit auch selber zu Neugestaltern ihrer Umwelt. Es ist daher verwunderlich, dass die Pflanzenbauwissenschaften ihr Selbstverständnis im Wesentlichen aus den Naturwissenschaften ableiten, beeinflusst der Landwirt als Mensch doch entscheidend die Wahl von Standorten, Kulturarten, Fruchtfolgen und Anbauintensitäten. Die Pflanzenbauwissenschaften sollten daher als interdisziplinäres Forschungsfeld zwischen den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften angesehen werden, das sich mit den Wechselwirkungen zwischen Umwelt, Mensch und Pflanze auseinandersetzt. Aus forschungsmethodischer Sicht werden sie damit zu Mittlern zwischen quantitativen und qualitativen Denkweisen.



Abb.1 Landwirtschaftliche Beratung und Entscheidungsfindung unter Praxisbedingungen. Diese Prozesse haben einen entscheidenden Einfluß auf die Bewirtschaftung und Gestaltung von Kulturlandschaften und müssen mit der Pflanzenbauforschung in engen Zusammenhang gebracht werden. Der Dialog zwischen Praxis und Wissenschaft kann durch den Einsatz der modernen Informationstechnologie wesentlich vereinfacht werden.

Wenn es um die Charakterisierung menschlicher Verhaltensweisen und gesellschaftlicher Zusammenhänge geht, müssen quantitative Methoden zwangsläufig versagen, weil unsere gedanklichen Vorstellungen und daraus abgeleitete Handlungen auch sehr stark von Emotionen beeinflusst werden (Thagard 2006). Dennoch wird gerade in jüngster Zeit immer häufiger der Versuch unternommen, menschliches Verhalten auf quantitative Weise zu charakterisieren. Die Agrarökonomie ist ein gutes Beispiel hierfür: Sie betrachtet den Landwirt in der Regel als Entrepreneur, der sein Handeln wie eine Marionette an den Marktgesetzen ausrichtet und weniger an den tatsächlich wesentlich komplexeren Gegebenheiten (van der Ploeg 2003). Viele Bereiche der Gesellschaftswissenschaften sind von diesem Symptom mehr oder weniger betroffen. Dabei können durchaus logische Zusammenhänge in den Gesellschaftswissenschaften erstellt werden, ohne dabei zwangsläufig die quantitative Modellbil-

dung als Werkzeug bemühen zu müssen. Historische Abhandlungen, politische Konzepte, anthropologische Beobachtungen und soziologische Betrachtungen haben eine Fülle von Modellen als Inhalt, die im Gegensatz zu den Naturwissenschaften auf sprachliche Weise formuliert werden. Voraussetzungen hierfür sind assoziierende Herangehensweisen in der Forschung, die zur Aufdeckung allgemeiner Wirkungszusammenhänge im Verhältnis zwischen Mensch und Umwelt geeignet sind. In diesem Zusammenhang stellen sich Fragen nach der Wahrnehmung, Erfahrungssammlung und Verarbeitung, Kategorisierung, gedanklichen Modellbildung, Handlung, Kommunikation, Gesellschaftsausprägung, Politik und geschichtlichen Entwicklung. Das sind Felder der Humanwissenschaften.

Ausgangslage und Selbstverständnis

Die Krise einer Wissenschaft kann hauptsächlich durch zwei Gründe hervorgerufen werden: Entweder sind ihre zentralen Voraussetzungen nicht mehr gegeben, weil sie irrelevant, in Verruf geraten beziehungsweise widerlegt wurden, oder neu entstandene Disziplinen haben ihre ursprünglichen Aufgaben übernommen (Berlin 1978). Angesichts der enormen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Sicherung der Welternährung trifft ersteres auf die Pflanzenbauwissenschaften ganz gewiss nicht zu. Im Verlauf der jüngsten wissenschaftspolitischen Diskussionen ist jedoch der Eindruck entstanden, dass die zweite Ursache für das Verschwinden von Wissenschaften in bezug auf die Pflanzenbauwissenschaften bald zutreffen könnte. Sie werden immer mehr in die Lebenswissenschaften integriert.

Viele Wissenschaften lösen sich derzeit aus ihren traditionellen Rollen und bewegen sich aufgrund der immer komplexer werdenden gesellschaftlichen Anforderungen aufeinander zu. Hierzu gehört der Bereich der Lebenswissenschaften (Kenan et al. 2004), der seinen Ursprung in der Biologie hat, an die grundlagenorientierte Chemie und Physik anknüpft und die anwendungsorientierte Me-

dizin, die Biotechnologie, die Ernährungswissenschaften und die Bioökonomie einbezieht. Da es sich um ein neu formierendes Wissenschaftsfeld handelt, gibt es in der Literatur eine Vielzahl widersprüchlicher Begriffsbestimmungen. Die enge Herkunft aus der Biologie lässt sich hierbei jedoch nicht verleugnen, denn die Bedeutung des Wortes „Bios“ lautet „Leben“ und „Logos“ heißt „Wort, Rede oder Sinn“. Aus semantischer Sicht könnten die Begriffe „Biologie“ und „Lebenswissenschaften“ daher eigentlich sogar synonym verwendet werden.



Abb. 2 Kleinbäuerliches Dorfleben in Tansania. Eines der Hauptarbeitsfelder der Pflanzenbauwissenschaften wird in den kommenden Jahrzehnten die entwicklungsorientierte Pflanzenbauforschung in ländlichen Regionen sein. Eine massive Stärkung der internationalen Forschungszusammenarbeit ist eine notwendige Voraussetzung hierfür.

Da die Bereitstellung von Nahrungsmitteln aus der Landwirtschaft für die Aufrechterhaltung menschlichen Lebens eine fundamentale Bedeutung hat, wäre eine Integration der Agrarwissenschaften in die Lebenswissenschaften eine logische Konsequenz der jüngsten Entwicklungen in den Wissenschaften und

bietet für die Weiterentwicklung der Pflanzenbauwissenschaften auch viele Vorteile. In jüngster Zeit konzentrieren sich Agrarforscher diesem Trend folgend allerdings immer häufiger auf herausgehobene Fragestellungen und werden hierin auch durch die Politik der Forschungsförderung bestärkt (Deutsche Forschungsgemeinschaft 2005, Europäische Union 2007). Diese Entwicklung soll hier nicht in Frage gestellt werden, denn sie führt letztendlich auch zu einem besseren Verständnis über die funktionalen Zusammenhänge in pflanzenbaulichen Systemen. Jedoch wird dabei in zunehmendem Maße weder nach der Kohärenz der entstehenden Theorien noch nach deren Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis gefragt. Wenn dieser Trend der Zersplitterung anhält, wird die Pflanzenbauforschung langfristig ihre praktische Relevanz verlieren. Die dadurch entstehende Lücke hätte für die Pflanzenbaupraxis fatale Folgen, denn sie ist in einem hohen Maße auf die Rolle der Pflanzenbauwissenschaften als angewandte Wissenschaft angewiesen, die sich einer großen Reihe von Grundlagendisziplinen als Hilfswissenschaften bedient, um praktische Lösungen für die Gestaltung und Bewirtschaftung von Landschaften zu erarbeiten.

Es ist daher unverständlich, dass in den letzten Jahren immer häufiger die Frage nach der Existenzberechtigung der Pflanzenbauwissenschaften gestellt wird (Langensiepen et al. 2004). Als eine Ursache hierfür kann die geringe Wertschätzung der Agrarforschung durch die Gesellschaft, gepaart mit schlichten Finanznöten in der öffentlichen Forschungsförderung angesehen werden. Andererseits haben die Pflanzenbauwissenschaften hierzu selbst beigetragen, weil sie oft in traditionellen Vorstellungen verharren blieben und den Anschluss an das sich derzeit stark wandelnde wissenschaftliche Umfeld nur zögerlich gesucht haben (Paterman 2007). Basierend auf den vorausgegangenen Erfolgen in der technologischen Entwicklung gehen Ökonomen davon aus, dass die Pflanzenproduktion weiterhin mit dem drastisch steigendem Bedarf der Menschen nach pflanzlichen Nahrungsmitteln, Futtermitteln und Rohstoffen Schritt halten kann und sehen daher keine Notwendigkeit zur Stärkung der Förderung pflanzenbaulicher Forschungsaktivitäten (Evans 1998). Ob sich dieser auf statistischen Analysen gegründete Optimismus bewährt, kann nur

im nachhinein beurteilt werden. Fest steht jedoch, dass solche Prognosen mit großen Unsicherheiten behaftet sind, weil die Rahmen- und Umweltbedingungen der Pflanzenproduktion immer stärker schwanken und sich auch verändern, natürliche Produktionsressourcen knapper werden und die Konkurrenz zwischen pflanzlicher Nahrungsmittelproduktion und Erzeugung pflanzlicher Rohstoffe für industrielle Zwecke zukünftig stärker werden wird. Aufgrund der vermutlich stark anwachsenden Nachfrage nach verschiedenen industriell verwendbaren pflanzlichen Produkten und der Diversifizierung von Ernährungsgewohnheiten wird es zu massiven Umgestaltungen in der Pflanzenproduktion kommen, die niemand vorhersehen kann. Bedauerlich in diesem Zusammenhang ist, dass in vielen Forschungseinrichtungen und Universitäten eine enge Zusammenarbeit zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und der Agrarökonomie nur undeutlich zu erkennen ist. Wirksame wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen für die Pflanzenproduktion können aber nur auf der Grundlage eines soliden Verständnisses über die funktionalen Zusammenhänge in der Pflanzenproduktion geschaffen werden. Das von Cornelis Teunis de Wit in den 1960er Jahren formulierte Konzept der Produktionsökologie, das zur Brückenbildung zwischen Ökonomie, Pflanzenbauforschung und Ökologie gedacht war, wurde oft nur halbherzig in die Praxis umgesetzt. Ausgenommen hiervon war das aus der Mikroökonomie stammende Konzept der Produktionsfunktionen, das in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts in der pflanzenbaulichen Forschung eine beherrschende Rolle bei der Optimierung von Bewirtschaftungsintensitäten gespielt hat. Durch die einseitige Fokussierung auf wirtschaftliche Interessen erfolgte hierdurch aber gleichzeitig eine Abgrenzung gegenüber der Pflanzenökologie, die den Pflanzenbauwissenschaften eher nahe steht. Eine wissenschaftsbasierte Agrarökonomie, die sich verstärkt mit den Grundlagen des Pflanzenbaus und der Pflanzenökologie auseinandersetzt, würde effektivere Beiträge zur Schaffung neuer, flexiblerer, wirtschaftlicherer und adaptiverer Produktionssysteme leisten können als dies heute der Fall ist. Die Partnerschaft zwischen der Agrarökonomie und den Pflanzenbauwissenschaften bildet das tragende Fundament der Agrarwissenschaften, auf das alle anderen Disziplinen in diesem Wissenschaftszweig aufbauen.



Abb. 3 Sturzwasserfarmen in der Negevüste, die seit über 2000 Jahren in unveränderter Form zur “Regenernte“ für die Wasserversorgung von Kulturpflanzen dienen. Eine solche beispiellose Nachhaltigkeit fundiert auf generationenübergreifenden Beobachtungen der Natur und sorgfältigen Anpassungen der Landbewirtschaftung über lange Zeiträume. Das heutige Bevölkerungswachstum und knapper werdende Ressourcen verwehren uns diese Möglichkeit. Deshalb benötigen wir eine erneuerte, wissenschaftsbasierte Pflanzenbauforschung.

Heute verstehen sich die Pflanzenbauwissenschaften als Systemwissenschaft (Deutsche Forschungsgemeinschaft 2005), die sich der umfassenden Quantifizierung funktionaler Beziehungen auf den Betrachtungsebenen Pflanze, Bestand, Betrieb und Ökosystem unter zahlreichen variierenden äußeren Bedingungen widmet. Produktionssysteme werden dabei als offene Systeme verstanden, deren grundsätzliche Wirkungszusammenhänge zwar explizit definiert, aber dennoch gleichzeitig von äußeren autonomen Faktoren beeinflusst werden können. Dieser Sachverhalt lässt sich auf die von Ludwig von Bertalanffy gegründete Systemtheorie zurückführen. Sie basiert auf der Annahme, dass für generalisierte Systeme, Unterklassen und deren Wechselbeziehungen

allgemeine Gesetzmäßigkeiten gelten (Bertalanffy 1950). Seit ihrer Formulierung hat sie mehrere evolutionäre Schritte durchlaufen und wird in vielen Bereichen der Wissenschaft und Technik angewandt (Skyttner 2001). Sicherlich bietet die Anwendung systemanalytischer Techniken im Zeitalter aufeinander zu gehender Wissenschaften viele Vorteile. Obwohl Systemtheoretiker dabei reduktionistische Betrachtungen strikt ablehnen, zwingen sie sich aber ungeachtet dessen selber zur möglichst präzisen Definition von umfassenden Systemgebieten, sowie derer innerer hierarchischer Ordnungen und mathematischer Beschreibungen (Boulding 1964). Aufgrund dieses inneren Widerspruchs und der Ablehnung naturwissenschaftlicher Detailbetrachtungen als Weg des Erkenntnisgewinns stellt sich daher die Frage, ob die Anwendung der Systemtheorie zur Charakterisierung der Wechselwirkungen zwischen Umwelt, Mensch und Pflanze wirklich geeignet ist. Die Aufgabe der Pflanzenbauwissenschaften als Mittler zwischen wissenschaftlich fokussierten und allgemeinen Betrachtungen würde durch den Zwang zur holistischen Denkweise erheblich eingeschränkt und in ihrer Annäherung an die Naturwissenschaften sogar behindert. Die schärfsten Kritiker bezeichnen die Systemtheorie sogar als autoritäre Ideologie, die denjenigen an der Spitze einer Gesellschaftshierarchie die Freiheit zum Kommandieren einräumt und den anderen den Zwang zum Gehorchen aufbürdet (Lilienfeld 1978). Naturwissenschaftliche Wechselbeziehungen basieren zudem nicht immer auf hierarchischen Ordnungen, sei es in der Organisation von Elementen oder funktionalen Abhängigkeiten. Es ist daher angebracht, die Rolle der Systemtheorie bei der Beantwortung interdisziplinärer Fragestellungen in den Pflanzenbauwissenschaften neu zu überdenken.

Anregungen zur Weiterentwicklung

Aspekte der Humanwissenschaften

Kombinationen von Landschaften und Klimazonen sind oft einzigartig und bewirken, dass die Erde durch eine große regionale Vielfalt geprägt ist. Durch Wahrnehmungen regelmäßiger Abläufe, funktionaler Zusammenhänge und räumlicher Muster entwickeln Menschen Handlungsstrategien im Umgang mit

ihrer Umwelt, die auf Erfahrungen und Erkenntnissen basieren. Da diese Wahrnehmungen ortsspezifisch sind, entwickelt sich eine große Anzahl verschiedener Gestaltungs- und Handlungsstrategien in der Wechselbeziehung zwischen Umwelt und Mensch. Obwohl die Übertragung solcher Strategien von einer Region in eine andere prinzipiell möglich sein kann, ist sie oft von Fehlschlägen betroffen. Die Kolonialgeschichte liefert hierfür zahlreiche Beispiele. Wenn wir also verstehen wollen, warum Landwirte bestimmte Kultivierungsmethoden wählen und charakteristische Unterschiede in Kulturlandschaften und der Nutzung von Ressourcen entstehen, müssen die Pflanzenbauwissenschaften auch mit den Humanwissenschaften zusammen arbeiten. Hierbei wird es zunächst darum gehen, auf beschreibende Weise zu charakterisieren, in welcher Weise Landwirte ihre Umwelt wahrnehmen, vor ihrem Erfahrungshintergrund interpretieren und motivationale Handlungsstrategien entwickeln. Dabei können die Pflanzenbauwissenschaften insbesondere an die Kognitionswissenschaft, die junge Wissenschaft der menschlichen Verhaltensökologie (Winterhalder und Kennet 2000), Kulturgeographie, Anthropologie, Archäologie und Ethnologie anknüpfen.

Pflanzenbauwissenschaft als systemorientierte Wissenschaft

Landwirte operieren in einem schwierigen Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie, das sich in seiner Gesamtheit nur schwer erfassen läßt. Mit zunehmender Erfahrung entwickeln sie jedoch spezifische Denkweisen, Handlungsmuster und Sprachgewohnheiten, die es zu analysieren gilt, um dann Rückschlüsse auf ihr Umweltverhalten abzuleiten. Hierzu ist es eigentlich erforderlich, die Umwelt und die beteiligten Akteure explizit zu charakterisieren und hierarchischen Skalenebenen in einem Gesamtsystem zuzuordnen. Dazu reichen unsere Erfahrungen in der Regel jedoch nicht aus, so dass entsprechende Konstrukte nur schwache Annäherungen an die Wirklichkeit sein können. Hier sollte ein Umdenken in der Anwendung der Systemtheorie auf pflanzenbauwissenschaftliche Fragestellungen stattfinden, indem nicht das komplexe System, sondern die mathematische Vorstellung darüber selbst als adaptiv betrachtet wird. Durch die Anwendung rekursiver Algorithmen und

kontinuierlicher Vergleiche mit der Realität werden die Ordnungen und funktionalen Zusammenhänge von Elementen eines Systems dabei ständig verändert. Für diesen Zweck stehen eine große Anzahl verschiedener Methoden der Systemidentifikation, künstlichen Intelligenz und Computerprogrammierung zur Verfügung.



Abb. 4 Diversifizierte, kleinbäuerliche Pflanzenproduktion am Rand des Mt. Kenia. Die funktionalen Zusammenhänge in solchen ländlichen Produktionssystemen können nur durch breit angelegte interdisziplinäre Forschungszusammenarbeiten verstanden werden. Im engeren Sinne gilt dies insbesondere für die Pflanzenbau-, Forst- und Gartenbauwissenschaften, deren gegenseitigen Abgrenzungen in diesem Zusammenhang als künstlich erscheinen.

Der Hauptfokus der Pflanzenbauwissenschaften liegt auf der Erforschung von Kausalzusammenhängen zwischen der zeitlichen Entwicklung des Wachstums und der Ertragsbildung von Nutzpflanzen sowie auf der Gestaltung von technischen Prozessen und Managementstrategien zur Optimierung ihrer jeweils genetisch vorgegebenen Ertragspotentiale. Als Grundlage dient hierzu der landwirtschaftliche Feldversuch, in dem ausgewählte Prüffaktoren oder Merkmale

unter gegebenen Umweltbedingungen mit Hilfe biometrischer Methoden getestet werden. Es ist ein Standardverfahren, das sich im Beratungswesen, der Pflanzenzüchtung und Sortenprüfung sowie der pflanzenbaulichen Forschung lange bewährt hat, weil es eine integrierte Betrachtungsweise des komplexen Ertragsbildungsprozesses unter spezifischen Standortverhältnissen ermöglicht. Der klassische Feldversuch wird daher in der Zukunft sicherlich weiterhin Bestand haben. Er muss dabei aber zukünftig durch naturwissenschaftliche Untersuchungen begleitet werden, damit die zugrundeliegenden Mechanismen der Ertragsphysiologie und die Wechselwirkungen zwischen Pflanzenbau und Umwelt besser verstanden werden. Ohne die Einbeziehung naturwissenschaftlicher Experimentalmethoden würden die Ergebnisse von Feldversuchen ihren lediglich beschreibenden Charakter beibehalten und damit wenig Aufschluß über die flexiblen Reaktionen von Pflanzen auf ihre variable Umwelt geben.

Anknüpfung an die Pflanzenökologie und Umweltphysik

Von den Naturwissenschaften steht die Pflanzenökologie den Pflanzenbauwissenschaften am Nächsten. Sie beschäftigt sich mit der Charakterisierung von Umweltbedingungen von Pflanzen, den daraus resultierenden Anpassungsmechanismen und insbesondere mit deren Wechselbeziehungen sowie den funktionalen Konsequenzen der Biodiversität (Schulze et al. 2005; Kinzig et al. 2002). Eine Verstärkung der Zusammenarbeit zwischen Pflanzenökologen und Pflanzenbauwissenschaftlern fördert die Gestaltung neuer, diversifizierter und nachhaltigerer Anbausysteme, die im besseren Einklang mit der Natur stehen als das heute der Fall ist, weil diese auf der Basis ökologischer Prinzipien entworfen werden. Da sich die Ökologie unter anderem mit den Anpassungsmechanismen von Pflanzen an wechselnde Umweltbedingungen beschäftigt, muss diese Vorgehensweise nicht im Widerspruch zur ökonomischen Effizienz stehen. Bessere Kenntnisse über das Adaptationsvermögen pflanzlicher Systeme vermindert die Unsicherheit ökonomischer Prognosen erheblich und führt damit auch zu einer präziseren Planbarkeit pflanzenbaulicher Produktionssysteme sowie einer effizienteren Bewirtschaftung von immer knapper werdenden Produktionsressourcen.



Abb. 5 Ökophysiologische Untersuchungen in einer artenreichen Strauch- und Baumvegetation in Westaustralien. Durch unangepasste Landnutzung sind große Teile dieser Region akut von Bodenversalzung bedroht. Neue, nachhaltigere Landnutzungssysteme können nur auf der Basis eines wissenschaftlichen Verständnisses über ökologische Zusammenhänge entworfen werden. Die Pflanzenbauforschung muss hierzu eine enge Verbindung mit der Pflanzenökologie eingehen.

Weiterhin ist eine Verstärkung der Zusammenarbeit mit der Umweltphysik erforderlich. Die mathematische Beschreibung der Wasser- und Wärmebewegungen in heterogenen Böden, der physikalischen Zustände in Wurzelräumen, der Windausbreitung in aneinandergrenzenden Nutzpflanzenbeständen und der Austausch von Energie und Stoffen mit der Atmosphäre bereitet immer noch große Schwierigkeiten. Kenntnisse darüber sind notwendig, um die Einflüsse der immer stärker werdenden Wetterschwankungen auf pflanzliche Produktionssysteme und deren biologische Antwort darauf besser bewerten zu können. In Zeiten immer knapper werdender Wasserressourcen haben diese Informationen eine besondere Relevanz für die Planung von Produktionssystemen mit hoher Wassernutzungseffizienz. Die Landwirtschaft verbraucht derzeit etwa 80 Prozent des weltweit zur Verfügung stehenden Süßwassers (Rosegrant 2002).

Aufgrund der wachsenden Konkurrenz um Wasserressourcen muß dieser Verbrauch in Zukunft drastisch eingeschränkt werden. Die technischen Lösungen stehen hierfür bereit, aber in vielen Regionen der Erde mangelt es an wirtschaftlichen Rahmenbedingungen um diese tatsächlich in der Praxis umsetzen zu können. Die Erforschung physiologischer Anpassungsmechanismen an variierende Wasserstressbedingungen, Züchtung neuer, adaptiver Pflanzen und gezielte Ausnutzung pflanzlicher Regulationsvorgänge im Wassermanagement erschließt wirkungsvolle und kostengünstige Alternativen zu diesem Problem-bereich. Diese Methoden können jedoch nur auf der Basis enger Zusammenarbeiten zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und der Pflanzenbiologie entwickelt werden.

Damit pflanzliche Regulationsvorgänge und Antworten auf Veränderungen ihrer physikalischen, chemischen und biologischen Umwelt besser interpretiert werden können, ist auch eine Verstärkung der Zusammenarbeit mit der pflanzenphysiologischen Ökologie notwendig. Die Fragestellungen ergeben sich dabei aus ökologischen Beobachtungen, die dann auf einem niedrigeren Integrationsniveau je nach Problemorientierung mit Hilfe physiologischer, biochemischer, biophysikalischer oder molekularbiologischer Methoden bearbeitet werden können (Lambers et al. 1998). Die Dynamik pflanzenphysiologischer Veränderungen, der Bildung von Stoffen, deren Umformung, Verteilung und Einlagerung können mit einer großen Auswahl von Meßmethoden untersucht werden. Aus den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse über die Reaktionen pflanzlicher Systeme auf Zustandswechsel ihrer Umwelt ziehen. Entsprechende Erkenntnisse liefern wertvolle Hinweise für die Gestaltung und das Management pflanzlicher Anbausysteme. In der Präzisionslandwirtschaft ist sogar eine Kopplung ökophysiologischer Untersuchungsmethoden mit Entscheidungswerkzeugen möglich.

Molekularbiologie und Lebenswissenschaften

Physiologische Untersuchungen können zwar Aufschluss über einzelne Regulationsvorgänge in Pflanzen geben, aber niemals ihre Koordination auf der Ganzpflanzenebene erfassen. Hierzu ist der Einsatz molekularbiologischer Methoden

notwendig, mit denen Stoffwechselwege gezielt verfolgt und die Kommunikation zwischen einzelnen Pflanzenorganen untersucht werden können (Stitt and Fernie 2003, Hall 2006). Aus ökonomischer Sicht sind Untersuchungen über den Kohlenstoff- und Stickstoffmetabolismus besonders interessant, weil sie das Biomassewachstum und die Ertragsbildung maßgeblich beeinflussen. Darüber hinaus sind Kenntnisse über die physiologischen Reaktionen von Pflanzen auf abiotische Streßfaktoren sehr wertvoll, um sie für Managementzwecke ausnutzen zu können. Beispielsweise kann durch eine kontrollierte Defizitbewässerung die Effizienz der Nutzung von Wasserressourcen im Bewässerungslandbau drastisch gesteigert werden. Für eine gezielte Ausnutzung dieser und anderer physiologischer Stressreaktionen sind vertiefte Kenntnisse über die zugrundeliegenden Signalwege und deren Auswirkungen auf den pflanzlichen Stoffwechsel nötig.



Abb. 6 Bewässerungskanal in der Nähe des Atatürk Staudamms, der in der politisch brisanten Region der Südost-Türkei liegt (GAP Projekt). Die Erarbeitung pflanzenbasierter Lösungen für die nachhaltige Bewirtschaftung immer knapper werdender Süßwasserressourcen wird eine der zentralen Aufgaben der internationalen Pflanzenbauforschung werden, die nur durch enge Zusammenarbeiten mit der Pflanzenbiologie gemeistert werden können.

Die Molekularbiologie ist darüber hinaus auch für viele weitere Anwendungsbereiche des Pflanzenbaus relevant. Basierend auf molekularbiologischen und biochemischen Untersuchungen können phytosanitäre Maßnahmen im Pflanzenbau wesentlich präziser konzipiert werden. Die Eigenschaften von Pflanzen als Lieferanten von Pflanzeninhaltsstoffen, medizinisch wirksamen Substanzen oder Impfstoffen können gezielter ausgenutzt werden. Hierzu sind Kenntnisse über die biologische Synthese dieser Stoffe nötig, aus denen dann Handlungsstrategien für die Pflanzenzüchtung, Gestaltung von Anbausystemen und die Bestandesführung im praktischen Pflanzenbau abgeleitet werden können. Gleiches gilt für den derzeit immer stärker werdenden Bereich der Produktion von ‚grünen‘ Chemikalien (Nelson 2004), industriellen Rohstoffen und Energie. Weiterhin gibt es fachliche Überschneidungen mit vielen grundlagen- und anwendungsorientierten Wissenschaften in der Erforschung der pflanzlichen Produktion von Enzymen zur Katalyse chemischer und biologischer Reaktionen, die sich über einen weiten Bereich von der Nahrungsmittelproduktion, dem Futterbau und dem Pflanzenschutz, über die Zellstoff und Papierproduktion bis zur Pharmazie und Kosmetik erstreckt. Schließlich eröffnen molekularbiologische und genetische Methoden neue Möglichkeiten in der Pflanzenzüchtung, die von der Gesellschaft weiterhin mit sehr unterschiedlicher Wertschätzung betrachtet wird. Auf Wissenschaft gegründete Pflanzenbauforschung heißt in diesem Zusammenhang auch mit allen in diesem Bereich agierenden Akteuren offene und inhaltliche Dialoge über die Chancen und Risiken dieser Techniken zu führen, diese auf der Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse zu bewerten und daraus konkrete, gesellschaftlich gewollte Handlungsstrategien für den praktischen Pflanzenbau abzuleiten. Auch in dieser Hinsicht haben die Pflanzenbauwissenschaften einen gesellschaftlichen Auftrag zu erfüllen.

Ob die Molekularbiologie für die Pflanzenbauwissenschaften immer relevanter oder immer irrelevanter wird, ist eine müßige Frage, die sich leicht mit den Ausführungen der letzten beiden Abschnitte beantworten lässt. Allerdings muss in diesem Zusammenhang die ernsthaftere Frage aufgeworfen werden, ob die Pflanzenbauwissenschaften mit der Molekularbiologie wirklich direkt

zusammen arbeiten sollten. Sicherlich ist dies in einigen Bereichen möglich, beispielsweise bei der Planung von Prozessketten, in denen biologische Prozesse gezielt für die Produktion spezifischer Pflanzenstoffe genutzt werden sollen. Allerdings müssen hierzu mehrere Ebenen der biologischen Organisation vom Gen, der Zelle über Organe und die gesamte Pflanze bis zum Ackerschlag und Ökosystem in kohärenten Zusammenhang gebracht werden. Kann und sollte eine solche Aufgabe von den Pflanzenbauwissenschaften alleine geleistet werden? Schließlich handelt es sich ja um ein Wissenschaftsfeld, das von integrierenden Betrachtungen lebt. Aufgrund der Größe dieser Aufgabe sind Zweifel angebracht, ob dies auf kurze Sicht gelingen kann. Außerdem handelt es sich dabei um klassische und neuere Betätigungsfelder der Biologie. Wäre daher eine Anknüpfung an die Biologie allein schon aus Effizienzgründen nicht sogar sinnvoller? Jüngste Erkenntnisse der kognitiven Wissenschaft deuten darauf hin, dass disziplinäre Grenzen eingehalten werden müssen, weil neue Informationen und sich daraus ergebende Fragestellungen nur vor dem Hintergrund expliziter Wissensstrukturen interpretiert werden können, die nicht universell zugänglich sind (Boulton et al. 2005; Holyoak and Morrison 2005; Carruthers et al. 2002). Aus Sicht der Pflanzenbauwissenschaften ist daher vorzuschlagen, die Zusammenarbeit mit der Pflanzenbiologie massiv zu verstärken, die einen wesentlich besseren Zugang zur Molekularbiologie hat. Durch diese Zusammenarbeit können konkrete, praktische Handlungsstrategien für die Gestaltung pflanzlicher Systeme abgeleitet werden. Eine Eingliederung der Pflanzenbauwissenschaften in die Lebenswissenschaften ist aus diesem Grunde zu befürworten. Allerdings muss dies auf der Basis einer Fächerkonstellation geschehen, die kohärente Betrachtungen der in diesem Zusammenhang entstehenden komplexen Fragestellungen ermöglicht.

Modellierung als fach- und länderübergreifendes Arbeitswerkzeug

Wenn Wissenschaften, wie gerade dargestellt, über weite disziplinäre Grenzen kommunizieren möchten, dann muss hierzu eine gemeinsame Sprache verwendet werden, die eine Vernetzung ermöglicht. Angesichts der enormen Vielfalt der Fachjargons in den Pflanzenwissenschaften, Naturwissenschaften und Hu-

manwissenschaften ist dies eine Herausforderung, die zukünftig nicht mehr ausschließlich mit Hilfe der menschlichen Sprache gemeistert werden kann. Es muss eine Sprache verwendet werden, die den Austausch von Erkenntnissen und Theorien quer durch sämtliche an diesem Gedankenaustausch beteiligten und noch so verschiedenen Disziplinen herstellt und sogar eine direkte Übertragung in die Praxis gestattet. Dies ist die Sprache der Modellierung, wobei zwischen zwei ineinandergreifenden und sich ergänzenden Formen unterschieden werden muß: (1) Aufgrund ihres strikt logischen Charakters ermöglicht die quantitative Modellbildung in allen grundlagen- und anwendungsbezogenen Bereichen der Naturwissenschaften den Austausch von Theorien. Über diese die Kommunikation begünstigende Eigenschaft hinaus wurde eingangs schon die grundsätzliche Bedeutung der Modellierung für die Bildung wissenschaftlicher Theorien aufgezeigt. Sie ist Grundvoraussetzung für die Anwendung mathematischer Zugriffsweisen. (2) Die qualitative Modellbildung steht insbesondere den Humanwissenschaften sehr nahe und ist nicht dazu gezwungen den formalen Regeln der Naturwissenschaften zu folgen. Qualitative Modelle entstehen durch permanente Vergleiche zwischen Wahrnehmungen, Erfahrungen und Vorstellungen sowie der Bildung kohärenter gedanklicher Konzepte (Varley und Siegal 2000; Holyoak und Morrison 2005) und deren anschließende Transformation in sprachliche Konstrukte (Steiner 2001). Voraussetzung hierfür ist die Fähigkeit, Einzigartigkeiten und Muster aus der ungeheuren Vielzahl von Wahrnehmungen vor dem Hintergrund einer breit angelegten Wissensbasis erkennen und assoziieren zu können. Aufgrund ihres logischen Charakters können qualitative Modelle in Einklang mit quantitativen Modellen gebracht werden, indem hierzu speziell für diesen Zweck entwickelte ‚weiche‘ Methoden der Informatik verwendet werden (Konar 2000). Diese Technik ermöglicht zudem auch eine bessere Übertragung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die Praxis und entsprechende Rückkopplung.

Eine erweiterte Umsetzung der Sprache der Modellierung auf die am Beginn dieses Abschnitts angesprochene ortsspezifische Wahrnehmung und Erfassung von Mustern ist die räumliche Modellierung. Diese beinhaltet die Identifizie-

rung und Analyse von zeitlich variablen Mustern in der Fläche und ist sowohl mit qualitativen als auch quantitativen Modellierungsmethoden kompatibel. Neue Entwicklungen in der Agrar- und Geoinformatik eröffnen eine Vielzahl von qualitativen und quantitativen Modellansätzen wobei insbesondere wissenschaftsbasierte, weiche Ansätze in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen haben. Hierbei werden Unschärfen in der Aussage in die Modellbildung explizit mit einbezogen und in den Prozess der Entscheidungsfindung integriert.



Abb. 7 Mikrometeorologische Messungen von Stoff- und Energieflüssen zwischen der Atmosphäre und terrestrischen Ökosystemen. Die hier dargestellte Wirbelkorrelationsanlage in Yatir am nördlichen Rand der Negev-Wüste ist Bestandteil eines globalen Netzwerks von etwa 470 Klimaforschungsstationen in 46 Ländern (FLUXNET Stand 12. Dezember 2007). Verbundforschungsprojekte dieser Art verdeutlichen die Notwendigkeit von internationalen Zusammenarbeiten, die in der Zukunft weiter zunehmen werden. Die Sprache der Modellierung wird in diesem Zusammenhang deutlich an Bedeutung gewinnen, weil sie den Austausch von Forschungserkenntnissen über weite disziplinäre und geographische Grenzen ermöglicht.

Begründung aus praktischer Sicht

Die Gestaltung und nachhaltige Bewirtschaftung von Kulturlandschaften muss sich verstärkt an ökologischen Prinzipien orientieren.

Die Gestaltung von Agrarsystemen ist die zielorientierte Manipulation von Ökosystemen für gesellschaftliche Zwecke (Ohlander et al. 1999). Im letzten Jahrhundert stand die Pflanzenbauforschung dabei unter dem starken Einfluss von ökonomischen Vorgaben zur Ertrags- und Profitmaximierung. Durch mangelnde Beachtung ökologischer Prinzipien und regionaler Standortunterschiede wurden hierdurch in vielen Teilen der Erde folgenreiche Fehler in der Landbewirtschaftung begangen. Die Gestaltung neuer, ökologisch nachhaltiger Agrarsysteme wird sich deswegen zukünftig immer häufiger an dem Vorbild der Natur orientieren (Shrestha und Clements 2003). Hierzu ist eine stärkere Annäherung und Anbindung der Pflanzenbauwissenschaften an die verschiedenen oben aufgezeigten Wissenschaftsfelder notwendig.

Die Pflanzenbauforschung muss durch die Naturwissenschaften und Humanwissenschaften begleitet werden.

Die Optimierung pflanzenbaulicher Systeme basiert seit Beginn des Kulturpflanzenanbaus im Wesentlichen auf dem Prinzip des Versuchs und Irrtums. Immer knapper werdende Ressourcen, stärker werdende Schwankungen natürlicher und gesellschaftlicher Bedingungen, steigende Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Pflanzenbaus und Diversifizierungen von Produktionssystemen zwingen uns dazu, die zugrundeliegenden Mechanismen und Prinzipien besser zu verstehen, um ökologisch und wirtschaftlich angemessene Optimierungsstrategien entwickeln zu können. Ein solches Verständnis kann nur auf der Grundlage von engen Zusammenarbeiten mit den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften entwickelt werden.

Die Modellbildung ist eine unverzichtbare Voraussetzung für jede Art pflanzenbauliche Forschung und dient darüber hinaus der interdisziplinären Kommunikation.

Durch die Verstärkung der Zusammenarbeit mit den Naturwissenschaften und Humanwissenschaften wird die Pflanzenbauforschung über ihre traditionelle Rolle als produktionsorientierte Ingenieurwissenschaft hinauswachsen und damit ihr Wesen ändern. Die durchgängige Einbeziehung von Modellbildungsprozessen bei der Bearbeitung von Fragestellungen in der Forschung ist ein entscheidender Bestandteil dieser Wesensänderung, welche die Suche nach den Grundlagen des Pflanzenbaus wesentlich effizienter als heute gestaltet. Um mit den Worten Kants zu sprechen wird sie hierdurch erst in einen „sicheren Gang“ gebracht (Kant 1997), der mit den Methoden der Grundlagenwissenschaften vereinbar ist und deswegen einen Austausch mit ihnen ermöglicht.

Pflanzenbausysteme müssen zukünftig verstärkt multiple Aufgaben erfüllen und sich den immer stärker werdenden Schwankungen der natürlichen Bedingungen und gesellschaftlichen Anforderungen flexibel anpassen.

Die Gesellschaft wird ihre Anforderungen an die Pflanzenproduktion in vielfältiger Hinsicht ändern. Aufgrund der stark anwachsenden Weltbevölkerung muss die Effizienz der Pflanzenproduktion in den kommenden Jahrzehnten bei gleichbleibender Verfügbarkeit von natürlichen Ressourcen massiv gesteigert werden (Evans 1998; Cohen 1995). Aus unterschiedlichen Motivationsgründen wird sich die Nachfrage nach pflanzlichen Nahrungs- und Nichtnahrungsprodukten erheblich diversifizieren und kontinuierlich verändern. Das Adaptionsvermögen pflanzlicher Produktionssysteme an immer stärkere Schwankungen der Umwelt und gesellschaftlichen Nachfragen muss darüber hinaus wesentlich erhöht werden. In allen Regionen der Erde wird die Bedeutung von Gemischtbetrieben deutlich zunehmen (van Keulen und Schiere 2004). Die ökologischen und ökonomischen Bedingungen diversifizierter, adaptiver Produktionssysteme sind hoch komplex und können nur durch breit angelegte interdisziplinäre Zusammenarbeiten optimiert werden.

Die Prozesskettenanalyse und die Zusammenarbeit mit den Lebenswissenschaften ermöglichen vielfältige Einflußmöglichkeiten auf die gezielte Steuerung pflanzlicher Inhalts- und Qualitätseigenschaften, der Ressourcennutzung und der Auswirkungen des Pflanzenbaus auf die Umwelt.

Durch die Einführung von Prozesskettenanalysen eröffnet sich die Möglichkeit der Steuerung von pflanzlichen Qualitätseigenschaften an verschiedenen Stellen der Produktions- und Verarbeitungsprozesse. Hierbei kommt die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und den angrenzenden Natur- und Humanwissenschaften voll zum Tragen, weil sie die wissenschaftliche Basis für die Steuerung liefert. Hierzu stehen eine große Anzahl moderner Informations- und Regeltechnologien zur Verfügung, die gezielte und bedarfsgerechte Anpassungen von Maßnahmen und Strategien an die zu erreichenden Produktionsziele ermöglichen. Die Integration von Positionierungssystemen, Sensoren und Aktoren in moderne, digitale Informationsmanagementsysteme ermöglicht eine präzise Steuerung von zeitlichen und räumlichen Prozessen innerhalb der Wertschöpfungskette und eröffnet neue Möglichkeiten im Qualitätsmanagement.

Die in vielerlei Hinsicht gesteigerten Anforderungen an die Pflanzenbauwissenschaften erfordern eine massive Stärkung der internationalen Zusammenarbeit in der Forschung.

Aufgrund der Komplexität der anstehenden Fragestellungen in der Forschung, globaler Zusammenhänge und großer regionaler Standortunterschiede werden sich die Pflanzenbauwissenschaften stark international ausrichten müssen, um wissenschaftlich allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten erarbeiten zu können, die auf vergleichenden Untersuchungen basieren. Erst die Übertragung von Theorie und Praxis aus der engeren Situation heraus auf fernere Gebiete wird zum entscheidenden Härtestest für beide. Hierbei werden sie gleichzeitig ihrer Aufgabe zur Schaffung von Grundlagen zur Verbesserung der Welternährungssituation besser gerecht. In den weniger entwickelten Ländern ergeben sich

hierbei breite Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit den Ernährungswissenschaften und der Medizin. In den mehr entwickelten Ländern müssen spezielle Ernährungsformen für verschiedene von Zivilisationskrankheiten betroffene Bevölkerungsgruppen und die alternde Bevölkerung entwickelt werden. Dies hat direkte Auswirkungen auf das Spektrum der angebauten Kulturpflanzen, deren Management, Verarbeitung und Vermarktung.

Fazit

Die Pflanzenbauwissenschaften müssen aufgrund der Größe und Neuheit der vor ihnen liegenden Aufgaben verstärkt den Anschluß an die Naturwissenschaften und Humanwissenschaften suchen, um ihren gesellschaftlichen Anforderungen weiterhin gerecht werden zu können.

Die vielleicht jetzt noch als hinderlich empfundenen Kommunikationshürden zwischen den Pflanzenbauwissenschaften und den Natur- und Humanwissenschaften könnten möglicherweise unter einem gemeinsamen Dach der Lebenswissenschaften überwunden werden.

Im Zeitalter konvergierender Wissenschaften wäre der Pflanzenbau ein ideales Laboratorium zur Überprüfung breit angelegter Forschungshypothesen mit beträchtlicher gesellschaftlicher Relevanz.

Danksagungen

Wir möchten uns bei den Vortragenden des Berliner Agrarökologischen Kolloquiums in den Jahren 2004 bis 2007 für Ihre vielseitigen Beiträge bedanken, die uns zur Verfassung dieser Denkschrift veranlasst haben.

Darüber hinaus haben wir in zahlreichen Einzelgesprächen und Diskussionsrunden im In- und Ausland oft faszinierende Einblicke in die disziplinäre Breite der Pflanzenbauwissenschaften bekommen. Für das entgegen gebrachte Interesse möchten wir uns bei diesen Gesprächspartnern sehr bedanken.

Wir danken auch der Firma Feiffer Consult für die Überlassung des in Abbildung 1 dargestellten Fotos.

Besonders möchten wir uns bei zwei Gutachtern bedanken, die mit großem Engagement zum Zustandekommen der Denkschrift beigetragen haben.

Literatur

Berlin, I., 1978. The concept of scientific history. In: Hardy, H. (Hrsg.) Concepts and categories. Princeton University Press.

Berlin, I. 2001. The divorce between the sciences and the humanities. In: Hardy, H. (Hrsg.) Against the current: Essays in the history of ideas. Princeton University Press.

von Bertalanffy, L., 1950. An outline of general system theory. British Journal of Philosophy of Science, 1, 139-164.

Boulding, K., 1964. General systems as a point of view. In: Mesarovics, A. (Hrsg.) Views on general systems theory. John Wiley, New-York.

Boulton, A., Panizoon, D. und Prior, J., 2005. Explicit knowledge structures as a tool for overcoming obstacles to interdisciplinary research. Conservation Biology, 19, 2026-2029.

Carruthers, P., Stich, S. und Siegal, M., 2002. The cognitive basis of science. Cambridge University Press.

Coffa, J.A., 1993. The semantic tradition from Kant to Carnap to the Vienna station. Cambridge University Press.

Cohen, J.E., 1995. How many people can the earth support ? Norton, New-York.

Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2005. Perspektiven der agrarwissenschaftlichen Forschung. Wiley-VCH, Weinheim.

Europäische Union, 2007. http://cordis.europa.eu/fp7/kbbe/about-kbbe_en.html (Letzter Zugriff 21. Januar 2008).

Evans, L.T., 1998. Feeding the ten billion. Cambridge University Press.

Hall, R.D., 2006. Plant metabolomics: from holistic hope, to hype, to hot topic. *New Phytologist*, 169, 453–468.

Henry, J., 2002. The scientific revolution and the origins of modern science. Palgrave, New-York.

Holyoak, K. und Morrison, R.G., 2005. Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning. Cambridge University Press.

Kant, I., 1997. In: Weischedel, W. (Hrsg.) Kritik der reinen Vernunft. Teil 1.: Band 3. Suhrkamp, Frankfurt.

Kant, I., 2002. In: Weischedel, W. (Hrsg.) Schriften zur Metaphysik und Logik. Teil 1.: Band 5. Suhrkamp, Frankfurt.

Keinan, E., Schechter, I. und Sela, M., 2004. Life sciences for the 21st century. Wiley-VCH, Weinheim.

van Keulen, H. und Schiere, H., 2004. Crop-livestock systems: old wine in new bottles. 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia, 26 Sep – 1 Oct 2004. ISBN 1-920842 20 9.

Kinzig, A.P., Pacala, S.W. und Tilman, D., 2002. The functional consequences of biodiversity. Princeton University Press.

Konar, A., 2000. Artificial intelligence and soft computing: Behavioral and cognitive modeling of the human brain. CRC Press, Boca Raton.

Kuhn, T.S., 1996. The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press.

Lambers, H., Chapin III, F.S. und Pons, T.L., 1998. Plant physiological ecology. Springer, New-York.

Langensiepen, M., Herbst, R., Schulz, C. und Ulrichs, C., 2004. What is agricultural science ? Humboldt-Spektrum, 11(1), 12 - 14.

Lilienfeld, R., 1978. The rise of systems theory. John Wiley.

Nelson, W.M., 2004. Agricultural applications in green chemistry. Oxford University Press.

Ohlander, L., Lagerberg, C. und Gertsson, U., 1999. Visions for ecologically sound agricultural systems. Journal of Sustainable Agriculture, 14, 73-79.

Patermann, C., 2007. Zukünftige Konzeption der EU-Forschungsförderung im Bereich Agrarwissenschaften / Pflanzenbauwissenschaften. Vortrag 50. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 18.–20. September 2007. Universität Bonn.

van der Ploeg, J.D., 2003. The virtual farmer. Van Gorcum, Assen, Niederlande.

Rosegrant, M.W., Cai, X. und Cline, S., 2002. World Water and Food 2025. International Food Policy Research Institute., Washington (Online www.ifpri.org - Letzter Zugriff 12. Februar 2008).

Schulze, E.D., Beck, E. und Müller-Hohenstein, K., 2005. Plant Ecology. Springer, New-York, Berlin.

Shrestha, A. und Clements, D.R., 2003. Emerging trends in cropping systems research. *Journal of Crop Production*, 8, 1-13.

Skyttner, L., 2001. *General systems theory*. World Scientific, Singapore.

Steiner, G., 2001. *Grammars of Creation*. Yale University Press, New Haven and London.

Stitt, M. und Fernie, A.R., 2003. From measurements of metabolites to metabolomics: an 'on the fly' perspective illustrated by recent studies of carbon–nitrogen interactions. *Current Opinion in Biotechnology*, 14, 136–144.

Thagard, P., 2006. *Hot thought: Mechanisms and applications of emotional cognition*. MIT Press, Cambridge, MA.

Varley, R. und Siegal, M., 2000. Evidence for cognition without grammar from causal reasoning and theory of mind in an agrammatic aphasic patient. *Current Biology*, 10, 723-726.

Winterhalder, B. und Kennet, D.J., 2006. In: Kennet, D.J. und Winterhalder, B. (Hrsg.), *Behavioral ecology and the transition from hunting and gathering to agriculture*. University of California Press.

